

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-160333

(43) 公開日 平成7年(1995)6月23日

(51) Int.Cl.⁴

G 0 5 D 1/02

B 6 5 G 43/00

識別記号

庁内整理番号

P 7740-3H

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平5-310931

(22) 出願日 平成5年(1993)12月10日

(71) 出願人 000002059

神鋼電機株式会社

東京都中央区日本橋3丁目12番2号

(72) 発明者 江川 隆己

三重県伊勢市竹ヶ鼻町100番地 神鋼電機

株式会社伊勢製作所内

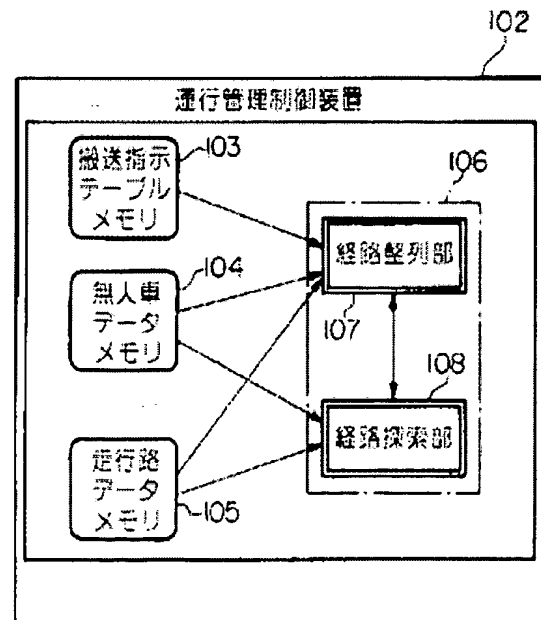
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54) 【発明の名称】 運行管理制御装置およびその方法

(57) 【要約】

【目的】 複数の無人車が効率よく移動を行うための走行経路を求める運行管理制御装置およびその方法を提供する。

【構成】 経路整列部107は、経路探索部108から供給される各無人車の走行経路の逆走行区間を調べ、同区間のコストに基づいて走行路の特定区間に方向制限をした後、経路探索部108において再度各無人車の走行経路を求める。以上の操作を逆走行区間が無くなるまで行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 停止位置である複数のノードと、前記ノード間を接続する接続路からなる走行路を走行する複数の無人車の運行を制御する運行管理制御装置において、前記複数のノードの位置および接続に基づいて前記ノード間を接続する搬送可能な区間のコストを算出し、現在地点から目標地点までのコストの累計が最小となる走行経路を作成する経路探索手段と、
現在地点および目標地点が異なる複数無人車の経路およびそのコストを前記経路探索手段で作成させ、その結果に基づいて前記走行路の特定区間の搬送方向を制限した後、再び前記経路探索手段に走行経路を作成させる経路整理手段とを具備することを特徴とする運行管理制御装置。

【請求項2】 停止位置である複数のノードと、前記ノード間を接続する接続路からなる走行路を走行する複数の無人車の運行を制御する運行管理制御方法において、前記複数の無人車の各最適走行経路を求める第1ステップと、
前記第1ステップにより得られた複数の最適走行経路において、互いに逆方向の走行経路である逆方向区間を求める第2ステップと、
前記逆方向区間が無い場合には処理を終了し、他の場合には前記逆方向区間のコストを積算する第3ステップと、
前記コストが最も大きい逆方向区間を一方方向へ方向付けする第4ステップと、
前記方向付けされた走行路で、全ての無人車について再び最適走行経路を求める第5ステップと、
を有し、前記第3～第5ステップを繰り返すことによって競合のない最適走行経路を求めることを特徴とする運行管理制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、工場等の無人搬送システムにおいて、無人搬送車の走行経路の決定等を行う運行管理制御装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図9は複数の無人車を有する自動搬送システムのシステム構成図である。この図において、100は無人搬送システムの管理を行う運行管理制御装置、101は廊下型の走行路、#1、#2、・・・、#5は無人車である。また、1、2、・・・、28は走行路101上に点在するノードであり、無人車#1ないし#5はこれらのノードにおいて停止、方向転換、および搬送物の積み降ろし作業を行う。また、無人車#1ないし#5の各々は目標ノードまでの走行経路を決定する機能を有し、運行管理制御装置100により与えられる目標ノードまで、自ら決めた経路で移動を行う。なお、この経路の決定については最適経路決定装置（特願平5-77

244号）で述べられている。

【0003】以下、この無人搬送システムの動作例の説明を行う。まず、運行管理制御装置100から無人車#1ないし#5へ、図9に示す移動指示が送られたとする。すると、無人車#1ないし#5は、指示された移動目標までの最適な走行経路を作成する。ただし、この走行経路の作成においては、他の無人車の走行経路は考慮されておらず、他の無人車が存在しない場合のみ最適な走行経路となる。図10は、この時作成された各無人車#1ないし#5の走行経路を示す図であり、この図において（a）は、各無人車#1ないし#5の走行経路を、実線、点線、破線、一点鎖線、二点破線でそれぞれ示した運行図であり、（b）はそれらの経路をまとめた図である。

【0004】次に無人車#1ないし#5は、自らの走行経路上のノードを移動順に運行管理制御装置100へ送り、ノードの予約を行う。運行管理制御装置100は、要求された経路（ノード列）を最初から順に調べ、他の無人車が予約していない場合にはその予約を許可する。無人車#1ないし#5は、許可されたノードまで移動を行う。これらの制御によって無人車間の衝突が防止される。

【0005】いま、例えば、無人車#1ないし#5がノード4、6、20、22、3までそれぞれ進んだとする。図11は、この時の各無人車#1ないし#5の現在位置およびこの後の走行経路を示した運行図である。この経路のまま次の移動が行われると、無人車#1と無人車#2は同一走行路を互いに逆方向へ移動するという競合が発生する。このような場合、どちらかが経路を変えないかぎり目的地へ到達できない。また、このとき無人車#1および#2には次の移動先のノードの予約が許可されない。

【0006】そこで、無人車#1が迂回路（ノード4→18→19→20→21→・・・）を見つけノード18の予約を行う。これにより無人車#2は当初の経路で移動を行うことができるが、今度は無人車#1および#3の間で走行路の競合が発生する。図12はこの時の各無人車#1ないし#5の経路を示した運行図である。こんどは、無人車#3が迂回路（ノード20→6→5→4→3→16→15）を見つけ、ノード6を予約した後そのノードへ移動を行う。

【0007】このような逆向き競合と迂回路探索を繰り返す、各無人車#1ないし#5は目的地まで移動を行う。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、以上の方法は走行路の競合が発生してから走行経路を変更するため、迂回を繰り返すなどの無駄な移動や待ちが発生する場合がある。また、無人車の数が増すにつれて、無駄な移動や待ちが増大し搬送効率が大幅に低下してしまうという

問題がある。

【0009】この発明は、このような背景の下になされたもので、複数の無人車が効率よく目標地点まで移動を行うことができる運行管理制御装置およびその方法を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、停止位置である複数のノードと、前記ノード間を接続する接続路からなる走行路を走行する複数の無人車の運行を制御する運行管理制御装置において、前記複数のノードの位置および接続に基づいて前記ノード間を接続する搬送可能な区間のコストを算出し、現在地点から目標地点までのコストの累計が最小となる走行経路を作成する経路探索手段と、現在地点および目標地点が異なる複数無人車の経路およびそのコストを前記経路探索手段で作成させ、その結果に基づいて前記走行路の特定区間の搬送方向を制限した後、再び前記経路探索手段に走行経路を作成させる経路整理手段とを具備することを特徴としている。

【0011】請求項2に記載の発明は、停止位置である複数のノードと、前記ノード間を接続する接続路からなる走行路を走行する複数の無人車の運行を制御する運行管理制御方法において、前記複数の無人車の各最適走行経路を求める第1ステップと、前記第1ステップにより得られた複数の最適走行経路において、互いに逆方向の走行経路である逆方向区間を求める第2ステップと、前記逆方向区間が無い場合には処理を終了し、他の場合には前記逆方向区間のコストを積算する第3ステップと、前記コストが最も大きい逆方向区間を一方へ方向付けする第4ステップと、前記方向付けされた走行路で、全ての無人車について再び最適走行経路を求める第5ステップとを有し、前記第3～第5ステップを繰り返すことによって競合のない最適走行経路を求めることを特徴としている。

【0012】

【作用】請求項1に記載の発明によれば、経路整理手段は、経路探索手段において作成された複数の無人車の経路およびそのコストに基づいて走行路の特定区間の搬送方向を制限し、この方向制限された走行路において再び経路探索手段が各無人車の経路を作成する。このため、無人車の無駄な移動や待ちが少ない経路を求めることができ、従って無人車の移動効率を向上させることができるという効果が得られる。

【0013】請求項2に記載の発明によれば、第1ステップで複数の無人車の各最適走行経路を求め、それらの経路における逆方向区間が第2ステップで求められ、第3ステップでその逆方向区間のコストを算出し、第4ステップで前結果のコストが最大となる逆方向区間が一方へ方向付けされ、第5ステップはその方向付けされた走行路において全経路を求め直し、以上の第3～第5ステ

ップが逆方向区間が無くなるまで繰り返し行われる。このため、逆方向区間がなく、なおかつコストが小さい複数の経路を求めることができるという効果が得られる。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の一実施例について説明する。図1は本実施例による運行管理制御装置102の構成を示すブロック図である。この図において、103は搬送指示テーブルメモリであり、搬送物の位置や搬送先などを記憶する。104は、無人車データメモリであり、各無人車の現在位置、移動方向などの状態を記憶する。105は、走行路データメモリであり、走行路上の各ノードの座標とその接続関係、およびコストを記憶する。ここでいうコストとはノード間の走行に係わる指標、つまり走行の行い易さを示す値である。

【0015】また、106は無人車の最適な走行経路を決定する経路決定部である。この経路決定部106はCPU等により構成され、機能的には経路整列部107と経路探索部108とに分けることができる。これら経路整列部107および経路探索部108を以下で詳述する。

【0016】A：経路探索部108が行う処理の説明
経路整列部107から経路探索指示が出されると、経路探索部108は、まず出発ノードから目標ノードまでの経路を求める。次に、走行路データメモリ105に記憶されたコストから、各経路のコストを積算し、そのコストが最小となる経路を最適経路に選択する。

【0017】図2は、走行路101の各アークのコストを示す図である。この図において、()内は各アークのコストを示しており、例えば、ノード1、2間のコストは「3000」である。ここで、出発ノードが1、目標ノードが4の場合、ノード1→2→3→4の経路が積算コストが「7500」で最小となり、最適経路に選択される。ただし、経路探索指示に後述する方向情報が含まれる場合には、その方向付けされた方向と逆方向となる経路は選択されない。

【0018】経路探索部108は、以上の方法で求めた経路およびそのコストを経路整列部107へ出力する。ただし、ここで作成された経路は、走行路の競合がない場合にのみ最適な経路となる。

【0019】B：経路整列部107が行う処理の説明
経路整列部107では、木の探索手法を用いて最終的な走行経路を求める。ここでいう「木」は、図7に示すような下方にかけて分岐を行う構成をとる。ここで、N1、N2、・・・は分岐条件が入った分岐点であり、このうち分岐点N1は分岐を開始するルート分岐点である。また、例えば、分岐点N2を現在の分岐点とすると、分岐点N1は分岐点N2の親分岐点となり、分岐点N3およびN4は分岐点N2の子分岐点となる。探索は、基本的に上位の分岐点から下位の分岐点にかけて行われるが、探索不能の場合には、一旦親分岐点に戻り

(以降、バックトラックと呼ぶ)、他の分岐点へ分岐する。

【0020】図3は経路整列部107の行う処理を示すフローチャートであり、この図をもとに以下で説明を行う。

【0021】処理が開始されると(ステップSP1)、ステップSP2において、経路探索部108へ探索指示を出し、各無人車の走行経路を求める。ここで、探索指示を受けた経路探索部108は、上述した方法により経路を探索し、その結果を経路整列部107へ出力する。なお、この探索指示には、搬送指示テーブルメモリ103に記憶されたデータにより決まる無人車の目標ノードが含まれる。

【0022】ステップSP3では、木のルート分岐点を空にする。

【0023】ステップSP4では、経路探索部108から供給される各無人車の走行経路に基づいて、任意の二つの無人車が互いに逆方向に移動を行う区間(逆方向区間)を求め、これを無人車の全ての組み合わせについて行う。

【0024】ステップSP5では、ステップSP4の結果において、逆方向区間が無ければ処理を終了し(ステップSP16)、逆方向区間がある場合には次のステップSP6へ進む。また、逆方向区間が無い場合は、そのときの走行経路が最終的な走行経路となる。

【0025】ステップSP6では、各無人車の経路の逆方向区間のコストを積算する。ここで、逆方向区間のコストは走行路データメモリ105から読み出される。また、ある逆方向区間で他の複数の経路と逆向きの競合を起こしている場合には、その競合の回数分コストを積算する。

【0026】ステップSP7では、走行経路のコストの大きい順に、その無人車に付けられた符号を並べた、競合無人車集合を作成する。

【0027】ステップSP8では、この競合無人車集合を持った分岐点を親分岐点の下に加える。ただし、このステップSP8が始めて処理される場合は、ルート分岐点に上記競合無人車集合を設定する。

【0028】ステップSP9では、競合無人車集合から着目無人車を決定する。この着目無人車は、コストの大きい順に並んだ競合無人車集合の最初の無人車から順次選択されていく。また、次の無人車が無い場合には、着目無人車なしとする。

【0029】ステップSP10では、前ステップSP9の処理において着目無人車が無かった場合には次のステップSP11へ進む、着目無人車がある場合にはステップSP13へ分岐する。

【0030】ステップSP11では、現在の分岐点がルート分岐点前であるかどうかを調べ、ルート分岐点でない場合には次のステップSP12へ進む、ルート分岐点

の場合、つまりルート分岐点の競合無人車集合の全てにおいて経路整理が失敗した場合、経路整理失敗で全処理を終了する(ステップSP17)。

【0031】ステップSP12では、現在の分岐点の処理を親分岐点へ移す(バックトラック)と共に、ステップSP9の処理へ戻る。また、現在の分岐点へ分岐するときに行った方向付けはこの時に解除する。

【0032】ステップSP13では、走行路のうち、着目無人車の経路の逆方向区間を同無人車の移動方向の逆方向に方向付けし(一方通行とする)、方向情報に加える。

【0033】ステップSP14では、経路探索部108へ探索指示を出し、この方向付けされた走行路において全ての無人車の経路を求め直す。

【0034】ステップSP15では、前ステップSP14の経路探索において求められない経路が存在するかどうかを調べ、存在する場合には次のステップSP16へ進む、存在しない場合にはステップSP4へ戻る。

【0035】ステップSP16では、ステップSP13で行われた走行路の方向付けを解除した後、ステップSP9へ戻る。

【0036】以上の経路整列部107の処理において、走行路上の隣り合う2点間を結ぶ経路がそれ以外に存在しない場合には、その区間は逆方向区間に含めない。

【0037】C：動作例1

以下で、運行管理制御装置102の動作例を説明する。図4は各無人車の搬送経路を示す運行図であり、図11と対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。また、この動作例における各無人車#1ないし#5の出発ノードおよび目標ノードも図11と同一である。

【0038】まず、経路整列部107は、搬送指示テーブルメモリ103に記憶された搬送指示に基づいて、無人車#1ないし#5の移動目標ノードを決定し、経路探索部108に対し探索指示を行う。経路探索部108は、この探索指示に従って無人車#1ないし#5の各々の走行経路を探索し、その結果を経路整列部107へ出力する(図4(a))。

【0039】経路整列部107は、経路探索部108から供給される走行経路(初期経路)から前述した逆方向区間とその競合相手を探し、逆方向区間のコストを積算する。図6はその逆方向区間およびコストの積算結果を示した図である。そして、その積算結果をコストの大きい順に並べ、次に示す競合無人車集合が作成される。

無人車集合=(#2、#1、#5、#3、#4)

【0040】次に、経路整列部107はこの競合無人車集合を図7に示す木のルート分岐点N1に設定し、その先頭にある無人車#2を着目無人車に選択する。そして、無人車#2の経路の逆方向区間に対し無人車#2の移動方向と逆向きの方向付け(一方通行とすること)が

行われ、以後の経路探索においてはノード2→3→4→5→6→7の方向に移動が限定される。

【0041】そして、経路整列部107は方向情報を含む探索指示を出力し、経路探索部108は、方向情報に基づいて再び経路探索を行う。図4(b)はこの探索結果を示した運行図である。この図において、方向付けされた区間は太い矢印で示している。この結果に基づいて、経路整列部107は再び各経路のコストの積算を行い、競合無人車集合(#1、#3、#4、#5)が作成される。そして、木(図7)の分岐点N1の下に分岐点N2を追加すると共に、分岐点N2に上記競合無人車集合を設定する。また、分岐点N1の無人車#2と分岐点N2を結ぶ。

【0042】今度は、この分岐点N2の集合の先頭にある無人車#1を着目無人車に選択し、逆方向区間の方向付けを行い、前回の方向付けに追加する。そして、経路探索部108において経路を求め直すと図4(c)の探索結果が得られる。ここで、ノード9→8、13→12が新たに一方通行となっている。また、経路整列部107は再びコストの積算を行い、競合無人車集合=(#5、#1、#4、#2、#3)を作成し、競合木の分岐点N2の下に分岐点N3にこの競合無人車集合を設定する。

【0043】今度は無人車#5が着目無人車となり、同様な処理が行われる。この結果、前回の方向付けにさらに今回の方向付け(ノード24→23→22→21→20→19→18→17→16→15)が加わるため、経路探索において無人車#1の経路が得られなくなってしまう。この状態は経路整列の失敗を意味し(図7×印)、このとき設定された経路の方向付けは解除される。

【0044】そして、着目無人車を分岐点N3の競合無人車集合の次の無人車#1に変え、同様な処理を行うが、ここでも無人車#1の経路が得られなくなる。そして、同競合無人車集合から順次無人車を着目無人車に選択し同様の処理を施すが、すべて経路整列に失敗してしまう。

【0045】このため、親分岐点N2へバックトラックし、分岐点2の前回の着目無人車#1に基づく方向付け(ノード9→8、ノード13→12)を解除する。そして、その競合無人車集合の次の無人車#3を着目無人車とし、同様な処理を行うと図5(a)に示す探索結果がえらる。そして、競合無人車集合(#1、#4)が分岐点N2の子分岐点N4に設定される。今度は、無人車#1が着目無人車に選択され、同図(b)の探索結果得られ、その競合無人車集合(#1、#4、#3、#2)が分岐点N4の子分岐点N5に設定される。さらに、無人車#1が着目無人車に選択され方向付けおよび経路探索が行われる(同図(c))。今度はその経路に逆方向区間が存在しないため、経路整列が成功したことになり

(図7◎印)、この時の各経路が最終的な走行経路となる。

【0046】この走行経路は運行管理制御装置102から無人車#1ないし#5に送られ、各無人車#1ないし#5はその経路に従って移動を行う。

【0047】D:動作例2

次に、走行路110(図8)における動作例を説明する。この走行路110は上述した走行路101(図11)のノード20、21間を通行禁止にしたものである。この動作例における各無人車#1ないし#5の出発ノードおよび目標ノードは上述した動作例1と同一である(図11)。また、この場合、ノード6、7間、ノード7、8間、ノード21、22間は、これを結ぶ経路以外に迂回する経路が存在しないので、逆方向区間に含まない。

【0048】ここでも動作例1と同様に処理が行われ、まず、図8(a)に示すような初期経路が求められる。これを基にコストの積算が行われ、競合無人車集合(#1、#2、#4、#5、#3)が作成されと共に、図9に示す木のルート分岐点N6にその競合無人車集合が設定される。そして、この競合無人車集合の先頭の無人車#1を着目無人車として、方向付け(ノード13→12→11→10→9→8、ノード6→5→4→3→2)が行われた後、走行経路を求め直す。ここでは、ノード8、7間、ノード7、6間においても逆方向に走行する無人車が存在するが、前述した理由により逆方向区間に含まない。

【0049】この経路探索により図7(b)に示す経路が得られると、次に、その走行経路におけるコストを累計し、競合無人車集合(#1、#3、#4、#5)が作成されると共に分岐点N6の子分岐点N7にその競合無人車集合を設定する。そして、無人車#1を着目無人車として、方向付け(ノード6→20→19→18→17→16→15)が行われ、前回の方向付けに追加される。しかし、この方向制限においては、無人車#1の経路が得られなくなるため前回の方向付けを解除し、分岐点N7における競合無人車集合の次の無人車#3を着目無人車とする。この無人車#3の経路により方向付けを行った後、再び無人車#1ないし#5の経路を求める。この結果、図7(c)に示す経路が得られ、その経路においては逆方向区間が存在しないので、これが最終的な整列結果となる。そして、この走行経路に従って、各無人車#1ないし#5は移動を行う。

【0050】以上説明したように、この実施例によれば、各無人車の走行経路を逆方向区間が無くなるように探索および整列するため、無駄な移動や待ちを少なくでき無人車の移動効率を向上させることができるという効果が得られる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれ

【図面の簡単な説明】

【図2】 走行路における各アークのコストを示した図である。

【図 4】実施例の動作例 1 における無人車の走行経路を示す運行図である。

【図5】同実施例の動作例1における無人車の走行経路を示す運行図である。

【図6】図4（a）の経路におけるコストの積算結果を示す図である。

【図7】動作例1における木を示す図である。

【図9】動作例2における木を示す図である。

【図10】無人搬送システムのシステム構成図である。

【図 11】従来例（図 10）における無人車の走行経路を示す運行図である。

【図 12】従来例における走行経路を示す運行図である。

【図 13】従来例における走行経路を示す運行図である。

【符号の説明】

1、# 2、... 無人車

101 走路路

102 運行管理制御装置

103 搬送指示テーブルメモリ

104 無人車データメモリ

105 走行路データメモリ

106 経路決定部

107 經路整列部

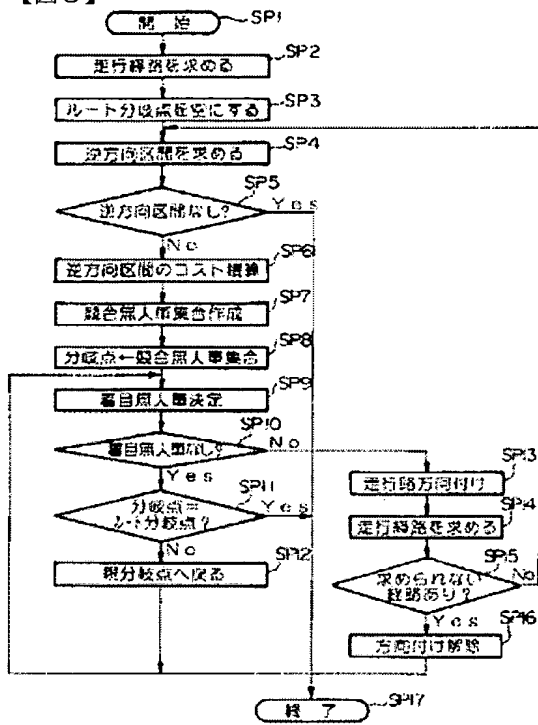
108 経路探索部

図1は、本発明の実施形態に係る経路制御装置102の構成を示すブロック図である。図1に示すように、経路制御装置102は、経路指示テーブルメモリ103、目的地データメモリ104、経路データメモリ105、経路決定部106を備える。経路決定部106は、経路決定処理部107と経路決定出力部108とを有する。経路指示テーブルメモリ103、目的地データメモリ104、経路データメモリ105は、経路決定処理部107に接続されている。経路決定処理部107は、経路決定出力部108に接続されている。

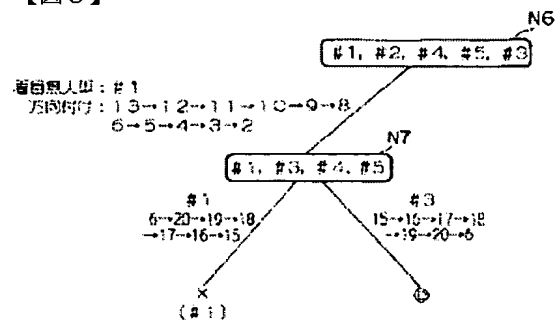
Figure 1 illustrates a 28x28 grid of squares. The top row is labeled with numbers 15 through 28, and the bottom row is labeled with numbers 1 through 14. The grid is divided into two main sections by a vertical line between columns 14 and 15. The left section (columns 1-14) contains squares labeled (3333) at the top and (3030) at the bottom. The right section (columns 15-28) contains squares labeled (4500) at the top and (3333) at the bottom. The grid is composed of 28 columns and 28 rows of squares.

組人車	組合相手	遊方向区画	コスト	コスト計
# 1	# 2	2→3→4→5→6→7	12,000	
	# 8	8→9	1,500	
	# 4	12→13	1,500	15,000
# 2	# 1	7→6→5→4→3→2	12,000	
	# 5	7→6→5→4→3→2	12,000	24,000
# 3	# 1	9→8	1,500	
	# 5	9→8	1,500	3,000
# 4	# 1	13→12	1,500	1,500
# 5	# 2	2→3→4→5→6→7	12,000	
	# 3	8→9	1,500	13,500

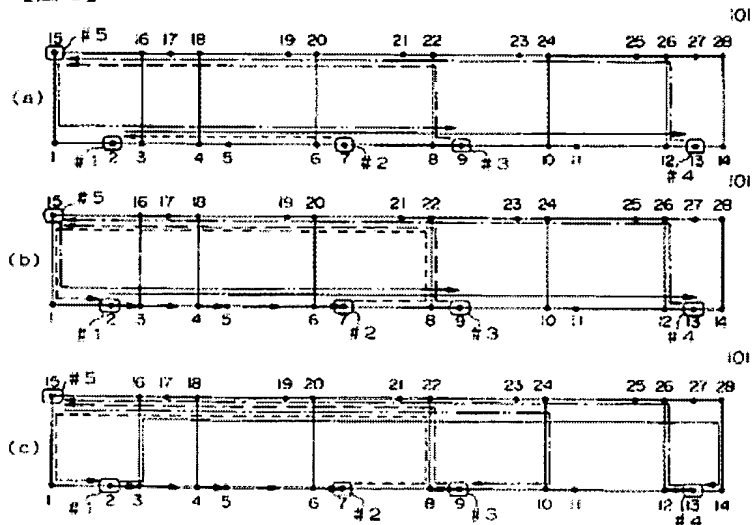
【図3】



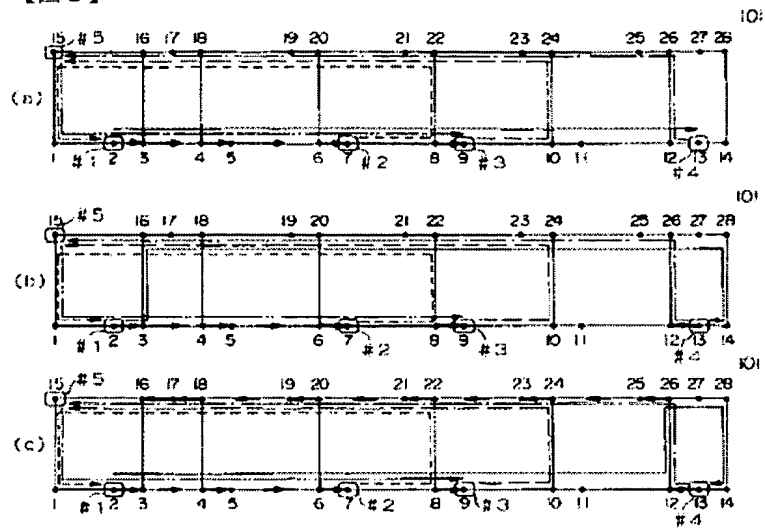
【図9】



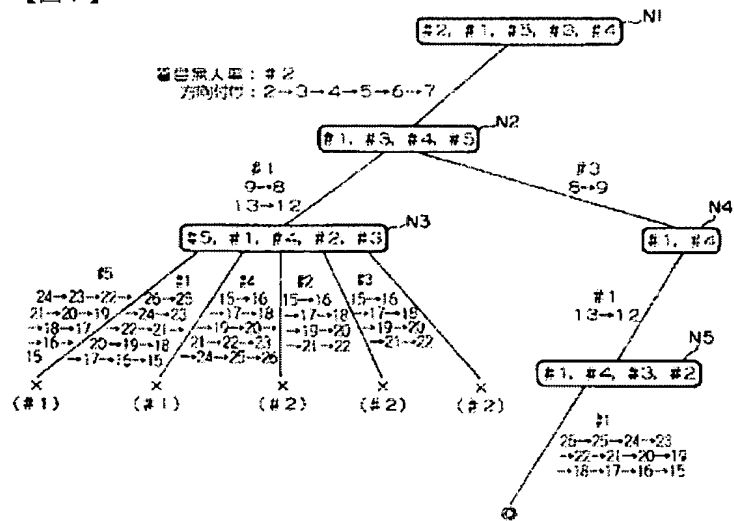
【図4】



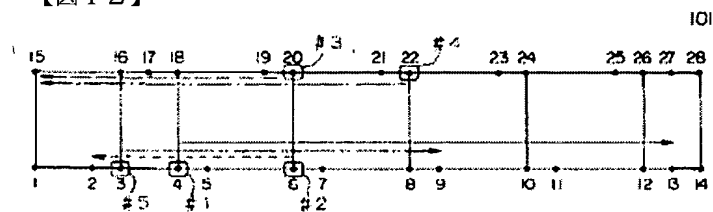
【図5】



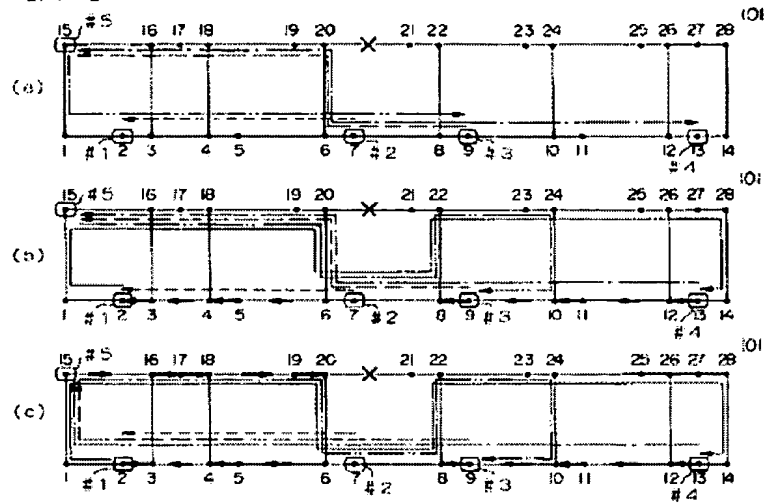
【図7】



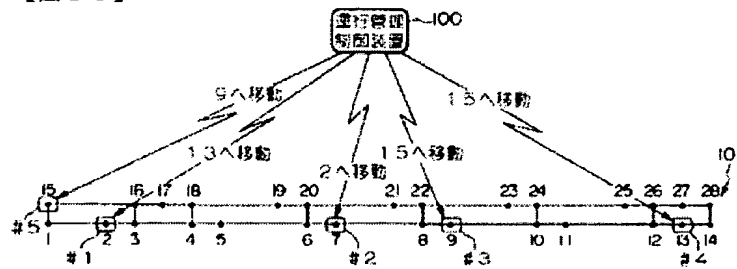
【図12】



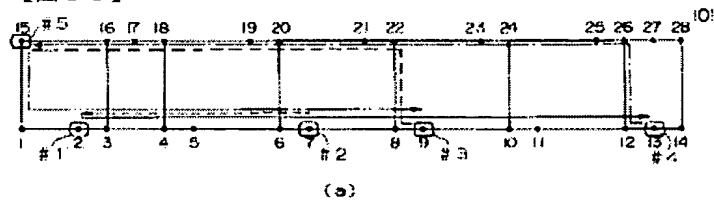
【図8】



【図10】



【図11】



カー	出発ノ	移動経路	距離ノ
#1	2	→1→4→5→6→7→8→9→10→11→12→	13
#2	7	→6→5→4→3→	2
#3	9	→8→22→21→20→19→18→17→16→	15
#4	13	→12→26→25→24→23→22→21→20→19→18→17→16→	15
#5	15	→1→2→3→4→5→6→7→8→	9

(b)

【図13】

101

